

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 36 854.6

Anmeldetag: 7. August 2002

Anmelder/Inhaber: SAMSUNG SDI Co. Ltd., Suwon, Kyungki-do/KR

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Strukturierung von Elektroden von organischen lichtemittierenden Elementen

IPC: H 01 L 51/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. Dezember 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
im Auftrag

Niederrath

**Verfahren und Vorrichtung zur Strukturierung von
Elektroden von organischen lichtemittierenden Elementen**

5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung
10 zur Strukturierung einer Kathode und/oder Anode einer An-
zeigeeinheit auf Basis von organischen lichtemittierenden
Elementen (OLED). Organische lichtemittierende Elemente
werden zur Herstellung von Displays verwendet, die zur
Anzeige von Zeichen, Bildern usw. dienen.

15

Bei einem organischen lichtemittierenden Element ist eine
organische Halbleiterschicht (d.h. elektrolumineszierendes
Material) zwischen zwei Elektroden angeordnet, wobei
mindestens eine für das emittierte Licht durchlässig sein
20 soll. Als Anode wird häufig Indium-Zinnoxid verwendet,
das auf ein Glassubstrat durch Beschichtung aufgebracht
wird und im sichtbaren Spektralbereich transparent ist.
Als Kathode wird üblicherweise ein Metall, zum Beispiel
Aluminium aufgedampft. Beim Anlegen einer Spannung kommt
25 es zur Emission von Licht, dessen Farbe von der organi-
schen Schicht abhängt. Um eine Lichtemission zu
erreichen, müssen positive Ladungsträger
("Defektelektronen" oder "Löcher") aus der Anode sowie
Elektronen aus der Kathode in das organische Material
30 injiziert werden. Diese Ladungsträger wandern, beeinflußt
durch das angelegte elektrische Feld, zum jeweiligen
Gegenkontakt. Treffen dabei ein Elektron und ein "Loch"
aufeinander, entsteht ein elektrisch neutrales, aber
angeregtes Molekül. Dieses kehrt unter Aussendung von
35 Licht in seinen Grundzustand zurück.

Zur Herstellung eines Displays mit hoher Auflösung müssen Kathode und Anode so strukturiert werden, dass sie eine Matrix formen. Die einzelnen Überlappungspunkte von Kathode und Anode bilden dann die Pixel oder Bildpunkte des späteren Bildschirms.

In der Regel wird eine erste Elektrode (typischerweise die Anode) auf einem Substrat (z.B. Glas) angeordnet, bevor die organische Halbleiterschicht auf diese erste Elektrode aufgebracht wird. Daher kann diese erste Elektrode relativ einfach, z.B. durch ein photolithographisches Verfahren strukturiert werden. Die zweite Elektrode wird typischerweise auf die organische Halbleiterschicht aufgebracht. Daher ist die Strukturierung dieser zweiten Elektrode, die in der Regel die Kathode ist, schwieriger, weil das organische Halbleitermaterial sehr empfindlich auf chemische und/oder thermische Einflüsse reagiert, die beim Strukturierungsprozess auf die organische Halbleiterschicht einwirken können.

Zur Strukturierung dieser zweiten Elektrode sind verschiedene Verfahren bekannt.

Eine Möglichkeit ist das Aufbringen (also Verdampfen) des Kathodenmaterials unter Verwendung sog. Schattenmasken, wie in US 6153254 und US 2742129 beschrieben ist. Die Schattenmasken sind beim Verdampfen einem thermischen Stress ausgesetzt und darüber hinaus werden sie mit der Zeit durch die verdampften Stoffe verschmutzt. Dies erfordert ein aufwendiges Reinigen der Schattenmasken bis hin zum regelmäßigen Ersatz der Masken. Beim Einsatz größerer Schattenmasken für größere Substrate bildet die Gravitationskraft ein zusätzliches Problem, da die Schattenmasken zum Durchhängen tendieren und daher die Auflösung in der Mitte der zu beschichtenden Substrate nicht mehr gewährleistet ist.

Auf die Verwendung von Schattenmasken zur strukturierenden Abscheidung der Top-Elektrode kann verzichtet werden, wenn eine Photolackschicht mit überhängender Struktur auf die erste Elektrode aufgebracht wurde. Dies wird im Patent EP 0 910 128 A2 beschrieben. Durch die Schattenbildung dieser überhängenden Struktur wird beim Aufdampfen des zweiten Elektrodenmaterials diese entsprechend strukturiert. Der Nachteil dabei ist der zusätzliche Schritt des Aufbringens und Entwickelns der Photolackstruktur. Des weiteren ist bei kleinsten Beschädigungen oder Fehlern in der überhängenden Struktur eine klare Trennung zweier Elektroden-Linien nicht mehr möglich.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung photolithographischer Techniken bzw. Lift-off Techniken. Es besteht jedoch die Gefahr, dass die verwendeten Chemikalien zu einer Beschädigung z.B. der organischen Halbleiterschicht führen, welche gegen das Eindringen von Wasser sehr empfindlich ist. Um dies zu vermeiden, sind ausgeklügelte Prozesse notwendig, die komplexe Vorrichtungen mit teuren Arbeitsschritten erforderlich machen.

Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung von Laserablation zur Strukturierung des Kathodenmaterials, bei der die Nachteile der vorgenannten Verfahren vermieden werden können. Dabei wird aus einer homogenen Kathoden- schicht derjenige Teil durch Laserstrahlung herausgelöst, der nicht in der Kathodenstruktur enthalten sein soll. Das Prinzip der Laserablation besteht darin, daß der Verdampfungsprozeß, der durch den Eintrag der Laserenergie in das Elektroden- material entsteht, so schnell abläuft, daß sich kein thermodynamisches Gleichgewicht einstellen kann. Die Verwendung von Laserablation zur Herstellung organischer licht - emittierender Elemente ist aus EP 0 758 192 A2, WO 98/53510, WO 99/03157, US 6,146,715 sowie aus der Veröffentlichung von Noach et al. Applied Physics Letters, Vol. 69, Nr. 24, 1995, S. 3650-3652 bekannt.

Dabei wird bei allen bekannten Verfahren ein punktförmiges Laserprofil verwendet. Dies hat zur Folge, dass der Laserstrahl über die Kathodenoberfläche gescannt werden muß, d.h. mittels eines Umlenkspiegels oder einer ähnlichen optisch wirksamen Vorrichtung auf den jeweiligen Bereich der Kathodenoberfläche projiziert werden muß, der aus der Kathodenoberfläche herausgelöst werden soll. Dies ist deshalb nachteilig, da hierzu eine teure Galvometereinheit bzw. Umlenkeinheit verwendet werden muß. Darüber hinaus kann durch das Scannen des Laserstrahls ein Überlapp entstehen, der zu Inhomogenitäten im späteren Bildschirm führt. Dies liegt daran, dass die kleinen Spiegel der Galvometereinheit bei den hohen Umlenkfrequenzen einer gewissen Trägheit unterliegen und dadurch über das Ziel schwingen können. Im Verfahren von Noach et al. wird ein Gitternetzstreifen, wie er in einem Elektronenmikroskop zum Einsatz kommt, direkt auf der zu ablierenden Elektrodenoberfläche aufgebracht. Dabei repräsentiert das Gitternetz die Auflösung der späteren Elektrode. Über das Gitter wird dann mit einem Excimerlaser gescannt, und das Elektrodenmaterial durch die Lücken des Gitters abgetragen. Ein weiterer Nachteil hierbei ist, daß durch den direkten Kontakt des Gitters mit der Elektrodenoberfläche, diese beschädigt werden kann.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Strukturierung von Elektroden von organischen lichtemittierenden Elementen anzugeben, welches die vorgenannten Nachteile eliminiert und darüber hinaus kostengünstiger ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 (Verfahrensanspruch) und die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 8 (Vorrichtungsanspruch) im Zusammenwirken mit den Merkmalen im Oberbegriff. Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass unter Verwendung der Laserablation ein Scannen des Laserstrahls nicht mehr nötig ist. Dadurch kann die Verwendung einer aufwendigen und kostspieligen Galvometereinheit bzw. Umlenkeinheit vermieden werden.

5

Dazu wird das Profil des Laserstrahls derart verformt, dass es die exakte Struktur bzw. einen periodischen Teil der Struktur der späteren strukturierten Elektrode aufweist.

10

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass dieses Verfahren auch für große Substrate problemlos anwendbar ist, da die Möglichkeit besteht, die Laserstrahlen durch eine optische Einheit derart aufzuweiten, dass sie über die gesamte Substratbreite reichen.

15

Als Laser kommen gepulste Laser mit einer Pulsdauer von weniger als 20 ns, wie z.B. ein 248 nm KrF - Excimer - Laser, in Betracht. Jedoch können auch andere UV - Laser, IR - Laser oder sichtbare Laser verwendet werden. Vor der Ablation kann die Absorption der Kathode/Anode durch ein Beschichten zum Beispiel mit Graphit erhöht werden. Die Verformung des Laserstrahls wird durch eine optische Einheit bewirkt. Zur Harmonisierung der Energiedichte kann ein Strahlhomogenisierer verwendet werden.

20

25

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines zumindest teilweise in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Es zeigen:

30

Fig. 1: einen schematischen Querschnitt eines Beispiels für ein organisches lichtemittierendes Element,

Fig. 2: eine schematische Draufsicht einer passiv - Matrix Anordnung,

5 Fig. 3: einen Querschnitt eines Passiv-Matrix-Substrates auf Basis von OLED mit unstrukturierter Kathode,

Fig. 4: eine Draufsicht eines Passiv-Matrix-Substrates auf Basis von OLED mit unstrukturierter Kathode,

10 Fig. 5: eine Draufsicht eines Passiv-Matrix-Substrates auf Basis von OLED mit strukturierter Kathode,

15 Fig. 6: einen Querschnitt eines Passiv-Matrix-Substrates auf Basis von OLED mit strukturierter Kathode.

Figur 1 zeigt einen schematischen Querschnitt eines Beispiels für ein organisches lichtemittierendes Element. Dieses besteht aus einer Anode 2, welche auf einem lichttransparenten Substrat 1 angeordnet ist. Auf der Anode 2 ist eine lichtemittierende Schicht 4 angeordnet, die aus einem elektrolumineszierenden Material besteht. Auf der lichtemittierenden Schicht 4 ist eine Kathode 5 aufgebracht. Eine Stromquelle 5a wird mit der Anode 2 und der Kathode 5 verbunden. Ein Stromfluß führt dann zu einer Lichtemission des elektrolumineszierenden Materials.

Für ein Display auf Basis von OLED mit hoher Auflösung ist eine matrixförmige Anordnung aus vielen organischen lichtemittierenden Elementen notwendig. Diese müssen einzeln selektiert werden können. In Fig. 2 ist die einfachste Möglichkeit schematisch dargestellt, ein Display auf Basis von OLED anzusteuern. Dabei wird das elektrolumineszierende Material 4 zwischen zwei orthogonalen Sets von Elektroden 2, 5 eingeschlossen, nämlich den Zeilen und Spalten. In dieser Passiv - Matrix

- Anordnung erfüllt das organische lichtemittierende Element zwei Funktionen, einerseits emittiert es Licht als Teil des Displays und hat andererseits Schaltfunktionen zu erfüllen.

5 In Fig. 3 und Fig. 4 ist ein Display auf Basis von OLED mit unstrukturierter Kathode dargestellt. Dieses besteht aus einem Substrat 1, einer darauf befindlichen lichttransparenten vorstrukturierten Anode 2, einer Lochtransportschicht 3, einer Schicht aus einem organischen elektrolumineszierenden Material 4 und einer unstrukturierten Kathode 5.

Die Aufgabe besteht darin, die Kathode 5 für eine Passiv - Matrix - Anordnung linienförmig zu strukturieren. Dies kann durch die in Fig. 5 und Fig. 6 dargestellte Vorrichtung bewirkt werden. Dabei wird ein Laserstrahl 6 durch die optische Einheit 7 so verformt, dass er einen periodischen Teil 9 der Struktur der späteren strukturierten Kathode 5 besitzt. Dies bedeutet, dass der Laserstrahl 6 so verformt wird, dass er den Raum zwischen zwei Kathodenlinien ausfüllt. Ein solches Laserprofil 8 kann z.B. durch einen Strahlhomogenisierer, einen Spalt und einen Satz zylindrischer Linsen geformt werden. Der durch den Laser abgebildete Spalt stellt dann das Bild des Raumes zwischen zwei benachbarten Kathodenlinien dar. Mit der vorhandenen Lasertechnik ist es möglich, Strukturen im Sub-Mikrometer-Bereich zu ablören. Daher können mit dem beschriebenen Verfahren Displays mit höchster Auflösung kostengünstig und präzise hergestellt werden. Zur Ablation weiterer Linien kann das Substrat um den gewünschten Abstand zweier Linien relativ zur Vorrichtung bestehend aus Laser 6a und optischer Einheit 7 verschoben werden. Um den Hitzeeintrag in das Material möglichst gering zu halten, können gepulste Laser mit Pulsdauern von weniger als 20 ns verwendet werden. Es können Laser im UV - Bereich, z.B. ein 248 nm KrF Excimer Laser verwendet wer-

den. Im allgemeinen reicht eine Leistungsdichte von 500 mJ/cm² und eine Pulsdauer von 20 ns aus, um eine Al - Schicht von etwa 250 nm mit einem Laserschuß zu ablieren. Kommen geringere Leistungsdichten zum Einsatz, kann die 5 Aluminiumoberfläche, die bei einer Wellenlänge von 248 nm einen Reflexionskoeffizienten von 0,9 aufweist, zusätzlich mit einem stark absorbierenden Material, wie z.B. Graphit, beschichtet werden. Damit das durch die Ablation freigesetzte Material die Kathode bzw. die darunter liegenden 10 Schichten nicht verschmutzt, kann eine Absaugeeinheit 10 und ein Abzug 11 zum Fortführen des abgesaugten Materials verwendet werden.

Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren dazu 15 verwendet werden, bereits strukturierte Kathoden und/oder Anoden, welche beim Strukturierungsprozess durch konventionelle Methoden, wie Bedampfung durch Schattenmasken oder Bedampfung von Substraten mit überhängenden Photolackstrukturen, nicht vollständig 20 separiert wurden, zu reparieren. Für eine solche Reparatur ist die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens insbesondere deshalb vorteilhaft, weil durch einen einzigen Laserschuß eine gesamte Linie, abgetragen werden kann, und damit eine Trennung zweier Kathodenlinien, die vorher an einer oder mehrerer Stellen 25 miteinander verbunden waren hergestellt werden kann.

Die Erfindung ist nicht beschränkt auf das hier 30 dargestellte Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist es möglich, durch Kombination und Modifikation der genannten Mittel und Merkmale weitere Ausführungsvarianten zu realisieren, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

- 1 Substrat
- 5 2 Anode
- 3 Lochtransportschicht
- 4 organische lichtemittierende Schicht
- 5 Kathode
- 5 a elektrische Spannung
- 10 6 Laserstrahl
- 6a Laser
- 7 optische Einheit
- 8 Laserstrahl mit aufgeweitetem Profil
- 9 periodischer Teil der Kathoden- und/oder
- 15 10 Anodenstruktur
- 10 11 Absaugeeinheit
- 11 Abzug

Patentansprüche

1. Verfahren zur Strukturierung einer Kathode und/oder Anode für ein OLED - Display durch Laserablation einer homogenen Kathodenschicht und/oder Anodenschicht, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Profil des Laserstrahls derart verformt wird, dass es die exakte Struktur oder einen periodischen Teil der Struktur der späteren strukturierten Kathode oder Anode aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kathode und/oder Anode mit einer Laserstrahlung eines gepulsten Lasers mit einer Pulsdauer von 20ns oder weniger abliert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kathode und/oder Anode mit einer Laserstrahlung eines UV - Lasers, IR - Lasers oder sichtbaren Lasers abliert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kathode und/oder Anode mit einer Laserstrahlung eines 248 nm KrF - Excimer - Lasers abliert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kathode und/oder Anode vor dem Ablationsschritt mit einem Material beschichtet wird, welches die Absorption des Laserlichts erhöht.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Material zur Erhöhung der Absorption Graphit ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laserstrahlung durch eine optische Einheit verformt wird.

5 8. Vorrichtung zur Strukturierung einer Kathode und/oder Anode für ein OLED - Display durch Laserablation einer homogenen Kathoden- und/oder Anodenschicht mit einer Laserlichtquelle (6a), **dadurch gekennzeichnet**, dass diese Vorrichtung eine optische Einheit (7) aufweist, durch welche das Profil des Laserstrahls (6) derart verformt wird, dass es die exakte Struktur bzw. einen periodischen Teil (9) der Struktur der späteren strukturierten Kathode (5) oder Anode (2) aufweist.

15 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Einheit (7) ein Spalt ist.

20 10. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Einheit (7) aus mehreren Spalten besteht.

25 11. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Einheit (7) einen Strahlhomogenisierer und/oder einen Spalt und/oder eine oder mehrere zylindrische Linsen aufweist.

30 12. Vorrichtung nach Anspruch 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung weiterhin eine Absaugeeinheit (10) aufweist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung weiterhin einen Abzug (11) aufweist.

14. OLED - Display bestehend aus einer strukturierten Anodenschicht, lichtemittierendem Material und einer strukturierten Kathodenschicht **hergestellt durch** Laserablation derart, dass das Profil des Laserstrahls (6) die exakte Struktur oder einen periodischen Teil der Struktur (9) der späteren strukturierten Kathode (5) und/oder Anode (2) aufweist.
15. Verwendung eines Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 7 zur Reparatur von bereits strukturierten Kathoden- und/oder Anodenschichten, welche im ersten Strukturierungsprozess nicht vollständig separiert wurden.
16. Verwendung einer Vorrichtung nach den Ansprüchen 8 bis 13 zur Reparatur von strukturierten Kathoden- und/oder Anodenschichten, welche im ersten Strukturierungsprozess nicht vollständig separiert wurden.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung
zur Strukturierung einer Kathode und/oder Anode eines
Displays auf Basis organischer lichtemittierender
Elemente (OLED) mittels Laserablation. Dazu wird das
Profil des Laserstrahls derart verformt, dass es die
exakte Struktur bzw. einen periodischen Teil der Struktur
der späteren strukturierten Kathode und/oder Anode
aufweist.

(Fig. 5)

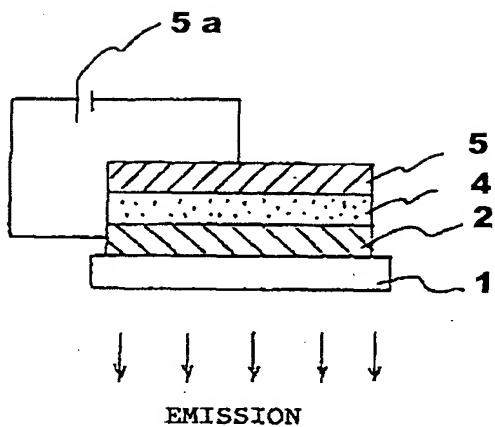
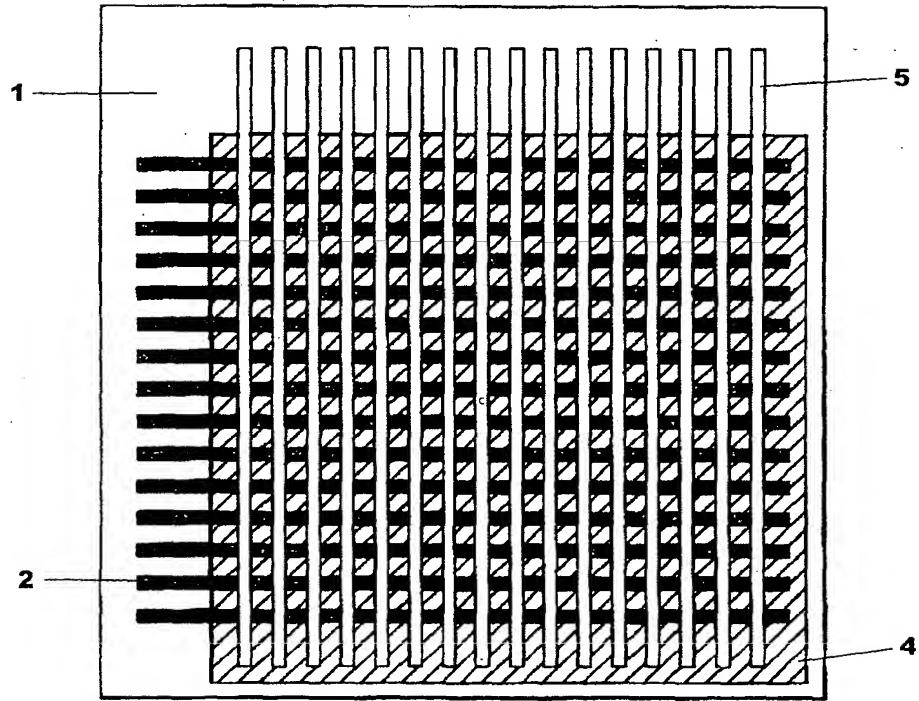
Fig. 1**Fig. 2**

Fig. 3

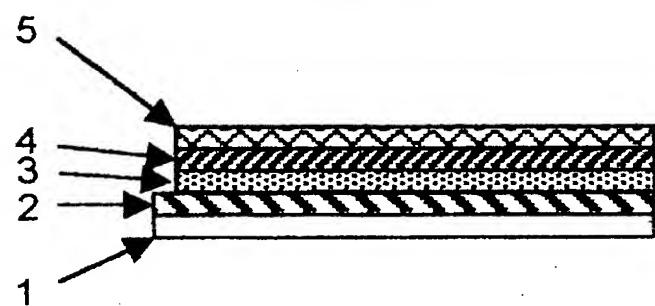


Fig. 4

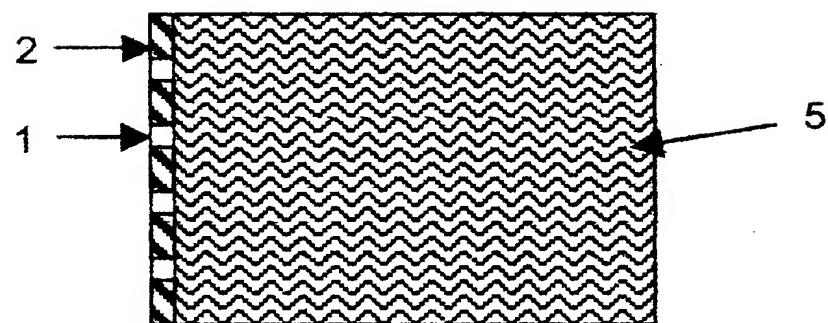


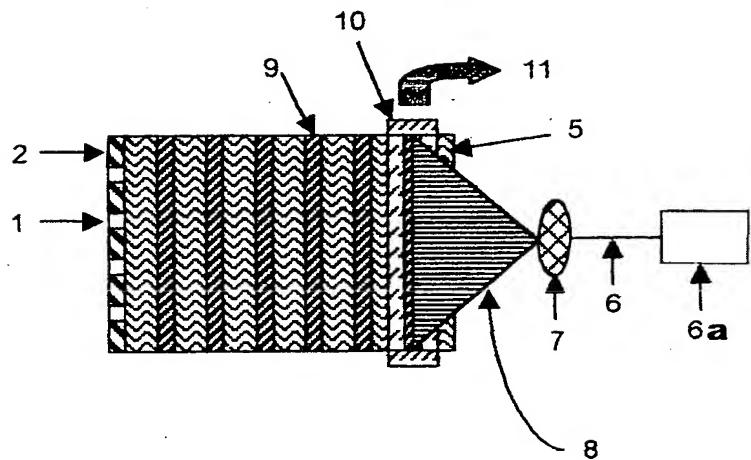
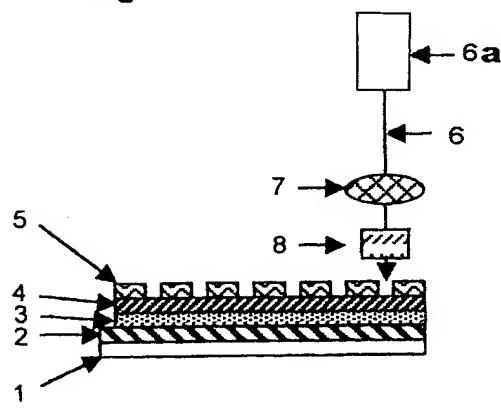
Fig. 5**Fig. 6**

Fig. 5

